

Differentialdiagnostische Untersuchungen mit Hilfe der Sprachaudiometrie

von

KURT OHNACKER

Frankfurt/Main 1963



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Universitätsklinik

Frankfurt am Main

Direktor: Prof. Dr. Mittermaier

Differentialdiagnostische Untersuchungen

mit Hilfe der Sprachaudiometrie

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
der hohen medizinischen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
zu Frankfurt am Main

vorgelegt von

Kurt Ohnacker
aus Darmstadt

Frankfurt/Main 1963

Dekan: Prof.Dr.Krücke
Referent: Prof.Dr.Mittermaier
Korreferent: Prof.Dr.Greven
Mündliche Prüfung: 14.10.1963

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung und Themenstellung.

Die Hörprüfabteilung:

- Die Anlage zur Durchführung der Sprachaudiometrie
- Die Vertäubungsnotwendigkeit
- Die Anlage zum Vertäuben des nicht geprüften Ohres

Durchführung der Untersuchungen:

- Voruntersuchungen zur Festlegung der Untersuchungsreihenfolge
- Ist eine künstlich hergestellte Schwerhörigkeit für sprachaudiometrische Untersuchungen geeignet?
- Die Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials

Vergleich zwischen binauraler und monauraler Sprachaudiometrie und ihre differentialdiagnostische Bedeutung:

- Gegenüberstellung von peripherer und zentraler Schallempfindungsschwerhörigkeit
- Vergleich zwischen Schalleitungs- und Empfindungsschwerhörigkeit

Untersuchung mit reinen Tönen im Vergleich zur Sprachaudiometrie:

- Untersuchungen im freien Schallfeld
- Raumakustische Überlegungen und Messungen
- Die binaurale und monaurale Tonaudiometrie im Vergleich zur binauralen - monauralen Sprachaudiometrie

Zusammenfassung

Abbildungen und Tabellen

Literaturverzeichnis

Lebenslauf

Differentialdiagnostische Untersuchungen mit Hilfe der Sprachaudiometrie.

Einleitung.

Differentialdiagnostische sprachaudiometrische Untersuchungen sind bereits von Hahlbrock, Boenninghaus, Röser, Schubert und anderen vorgenommen worden. Auch Groen und Hellema weisen besonders auf die Bedeutung der Sprachaudiometrie zur weiteren Differenzierung zentraler Hörstörungen hin.

Wir unterscheiden anatomisch - physiologisch die Mittelohr- von der Innenohrschwerhörigkeit bzw. funktionsmäßig die Schalleitungs- von der Schallempfindungsstörung.

Dank ausgereifter tonaudiometrischer Verfahren bedeutet es heute keine Schwierigkeit, diese beiden Hörstörungen zu unterscheiden. Zur Differenzierung der Schalleitungsstörungen stehen uns der Trommelfellbefund, das Röntgenbild, der Gellé'sche, Valsalva'sche und andere Versuche (Zöllner) zur Verfügung.

Zur weiteren Unterscheidung der Schallempfindungsschwerhörigkeiten dienen mannigfaltige Testverfahren, welche im wesentlichen die retrolabyrinthäre Schwerhörigkeit (Gangliontyp, entsprechend einem negativen Recruitment) von den Hörstörungen in der Cochlea (Haarzelltyp, entsprechend einem positiven Recruitment) abgrenzen (Langenbeck, Fowler, Boenninghaus, Röser, Matzker). Weiterhin ist eine akustische Differenzierung der retrolabyrinthären Schäden durch zwei getrennte Vorgänge im Rahmen der zentralen Reizleitung, nämlich der Schallbildsynthese und des Richtungseindrucks, möglich (Röser).

Obwohl retrolabyrinthäre Schäden - oder anders ausgedrückt: zentrale bzw. zerebrale Störungen - seltener beobachtet werden und zudem noch wenig genau erforscht sind, erscheint es doch äußerst wichtig, die vorhandenen Testmethoden weiter auszubauen und zu verbessern, sowie weitere neue und sinnvolle Testmethoden zu erforschen und aufzuzeigen. Je mehr Untersuchungsmethoden angewandt werden können, um so besser läßt sich ein abgerundetes Urteil abgeben.

Es soll nun untersucht werden, ob mit Hilfe der immer mehr angewandten und mehr Einfluß gewinnenden Sprachaudiometrie weitere Unterscheidungsmerkmale zu erkennen sind und, unter Einbeziehung von Schalleitungsschäden in das Untersuchungsmaterial, ein eventueller Vergleich zwischen den sprachaudiometrischen Ergebnissen zentraler und peripherer Schäden ausgearbeitet werden kann.

Sinn und Zweck dieser Arbeit soll es sein, die binaurale Sprach- und Tonaudiometrie zu den Ergebnissen der monauralen Prüfung in Beziehung zu bringen. Dazu ist zunächst die praktische Durchführung der Sprachaudiometrie zu studieren, um auf diesem Gebiet grundlegende Erfahrungen zu sammeln. Zur weiteren Abrundung des Gesamtbildes wird weiterhin die binaurale und monaurale Tonaudiometrie untersucht und gegenübergestellt werden.

Die Hörprüfabteilung.

Die Anlage zur Durchführung der Sprachaudiometrie.

Für die sprachaudiometrischen Untersuchungen stand eine Anlage zur Verfügung ähnlich der von Boenninghaus, Röser und Rossberg beschriebenen (Marburg 1955). Der Prüfraum hat Ausmaße von 2,5 x 3 m. Der zu prüfende Patient befindet sich in ca 3 m Abstand von der Lautsprecheranlage. Durch massives Mauerwerk von 50 - 60 cm Dicke wird im mittleren Frequenzbereich eine Schalldämmung von 60 - 70 db erreicht. Decke und Wände wurden zur Schallschluckung mit gelochten Hartfaserplatten ausgekleidet; für den Sockel von 165 cm Höhe wurden Homaton-Weichfaserplatten verwendet. Als nächste Schicht folgt eine 5 cm dicke Lage Steinwolle, darunter Gipsplatten von 1 cm Stärke. Zur Schallschluckung im Bereiche der tiefen Töne dient ein Luftpolster von 5 cm. Zu diesem Zweck wurde ein Gerüst aus 5 cm starken Hölzern mittels Schwingmetallen an Decke und Wänden befestigt. Der Fußboden wurde mit einem Wollvelourteppich ausgelegt.

Ein schalldichtes Fenster verbindet den Prüfraum mit dem angrenzenden Schaltraum und gestattet so dem Prüfer, den Patienten während der Untersuchung zu beobachten. Im Schaltraum ist direkt unter dem Verbindungsfenster die eigentliche Audiometer-Apparatur eingebaut. Sie besteht aus einem Phonorex-Tonbandgerät, einem 100-Watt-Verstärker und einem in der Frankfurter Hals-, Nasen- und Ohrenklinik angefertigten Dezibelabschwächer. Mittels eines Drehschalters wird eine Stufung von 5 zu 5 db erreicht, und mit einem Zusatzschalter ist bei jeder Einstellung eine weitere Abschwächung um 2,5 db möglich. Die Maximallautstärke beträgt 100 db. Ein 100-Watt-Lautsprecher, zusammengesetzt aus einer Doppelsäule von Hoch- und Tieftönlautsprechern, besorgt die Übertragung in den Prüfraum. Die Rückverbindung zwischen Prüf- und Schaltraum vermittelt eine zweite Übertragungsanlage, bestehend aus Mikrofon, Verstärker und Lautsprecher. Über diese Anlage spricht der Patient die verstandenen Wörter bzw. Zahlen zum Prüfer zurück.

Als Testmaterial diente der Freiburger Zahlen- und Worttest; mit ihm ist eine Untersuchung des Hörvermögens unter zwei Gesichtspunkten möglich:

1. Die leicht erkennbaren Zahlen erlauben eine schnelle Orientierung über die Hörleistung des Patienten. Diese Orientierung hilft uns, die Anfangsdezebeleinstellung (= Anfangslautstärke) für die eigentliche sprachaudiometrische Untersuchung mit dem Worttest zu finden. (Zu derjenigen Dezebeleinstellung, bei der 50% der Zahlen verstanden wurden, werden 40 db addiert, und man erhält so die für den Worttest nötige Ausgangsdezebeleinstellung.)
2. Zur Prüfung des feineren Unterscheidungsvermögens und des "Verstehens" ist der Worttest aus einsilbigen Substantiven mit einer relativen Häufung von Konsonanten bestimmt (Hahlbrock).

Geeicht wurde die Anlage an normalhörenden Personen: Die Lautstärke, bei der eine Anzahl Normalhörender bei 50% der Testwerte erkennt, daß gesprochen wird, wurde mit 0 db bezeichnet. Bei Carhart wird die Eichung des Sprachaudiometers ähnlich beschrieben: Von einer Gruppe jugendlicher Normalhörender wird die durchschnittliche Lautstärke ermittelt, bei der die Testsprache wahrgenommen wird.

Die Anlage zur Vertäubung des nicht geprüften Ohres.

Da die Leistung des einzelnen Hörorgans gegenüber der Leistung des gesamten Hörapparates (monaurales gegenüber binauralem Hören) interessierte, wurden die Untersuchungen monaural und binaural durchgeführt. Für die monaurale Untersuchung war es nötig, das jeweils nicht geprüfte Ohr zu vertäuben. Dem Patienten wurde ein Geräusch (white noise) aus einem Rauschgenerator durch einen Telefonhörer zugeleitet. Die Vertäubung mit "weißem Geräusch" hat sich schon allein aus praktischen Gründen bewährt, braucht man doch sonst eine Hilfsperson, die das nicht zu prüfende Ohr zuhält, oder man muß sich auf das unsichere Zuhalten des Patienten verlassen. Man weiß aber in beiden Fällen nicht, wie weit das Ohr wirklich vom Hörvorgang ausgeschlossen ist.

Hahlbrock zeigte an Hand von Untersuchungen an einseitig Tauben mit normalhörendem zweiten Ohr, daß ~~ehne~~^{ohne} Vertäubung in ganz bestimmter Weise übergehört wird - es entstehen sog. Schattenkurven, die sich mit der Lautstärke des Vertäubungsgeräusches verschieben - und bewies somit die absolute Notwendigkeit der Vertäubung in der Sprachaudiometrie.

Zur Frage der Vertäubung bei Prüfung des Sprachgehörs mit Kopfhörer schreibt Lidén, es sei nötig, das bessere Ohr zu vertäuben, wenn ein Unterschied der Hörleistung von 35 db bestehe, wobei die Lautstärke des Geräusches derjenigen der Testsprache angepaßt werden müsse. Frühere Untersuchungen (Boenninghaus, Röser, Brumm) zeigten, daß zur absolut sicheren Vertäubung Geräusche von der Lautstärke der Testsprache erforderlich sind. Immer unerlässlich ist die Vertäubung, wenn - wie bei unseren Untersuchungen - mit Lautsprechern im freien Schallfeld gearbeitet wird.

Die Räume der Hörprüfabteilung sind in Abbildung 1 skizziert.

Durchführung der Untersuchungen.

Festlegung der Untersuchungsreihenfolge.

Bei den Prüfungen wurde ein mit dem Freiburger Zahlen- und Worttest besprochenes Magnettonband verwandt. Jede Untersuchung bestand aus drei sprachaudiometrischen Einzelprüfungen (2 monaurale, 1 binaurale), sowie einer tonaudiometrischen Untersuchung und dauerte durchschnittlich 50 - 60 Minuten.

Es galt zunächst festzustellen, in welcher Reihenfolge die Einzelprüfungen stattfinden müssen, um alle "äußeren" Fehlerquellen (Müdigkeit des Patienten durch die Länge der Untersuchung, Lustlosigkeit, Nachlassen der Aufmerksamkeit, Lernen des Testmaterials usw.) möglichst auszuschalten und somit ein genaues und objektives Ergebnis zu erhalten.

In 90 Einzelprüfungen wurden diese Untersuchungen an jüngeren Normalhörenden (3 Gruppen zu je 10 Patienten, wobei jeder Patient zwei monauralen und einer binauralen Prüfung unterzogen wurde) mit folgendem Ergebnis vorgenommen.

Tonaudiometrisch zeigten sich alle geprüften Fälle symmetrisch.

Es wurde dann gegenübergestellt die sprachaudiometrische binaurale Kurve den Kurven des linken und des rechten Ohres, also zwei monauralen Kurven.

Als Bezeichnungen gelten:

- b = binaurale Kurve
- m₁ = die zuerst geprüfte monaurale Kurve (linkes oder rechtes Ohr)
- m₂ = die zweite monaurale Kurve.

Die Prüfungsfolge m₁ - m₂ - b zeigt die binaurale Kurve des Sprachaudiogramms meist nicht am weitesten nach links verschoben (an 1. Stelle) - im Sprachaudiogramm liegt links die Normalkurve - und widerspricht damit der Tatsache, daß Sprache binaural besser als monaural gehört wird. Die Testkurve m₂ ergibt das beste Ergebnis, d.h. sie liegt der Normkurve am nächsten.

Bei der Untersuchungsfolge b, m₁, m₂ liegt die binaurale Kurve durchschnittlich am weitesten rechts im Sprachaudiogramm. Die größte Genauigkeit ergibt wiederum die Kurve des zweiten,

d.h. mittleren Testes. Bei der Folge m_1 , b, m_2 liegt die binaurale Kurve erwartungsgemäß um etwa 5 db nach links verschoben und fällt ungefähr mit der Normkurve zusammen. Das zuerst geprüfte Ohr ergibt wieder das schlechteste Resultat.

Als Untersuchungsfolge muß also bei symmetrischer Schwerhörigkeit der binaurale Test als zweite (mittlere) Prüfung stattfinden. Bei asymmetrisch Schwerhörigen muß nach der Reihenfolge "besseres Ohr, binaural, schlechteres Ohr" verfahren werden.

Da bei der Auswertung nur die binaurale Kurve mit der besseren monauralen Kurve verglichen wird, fallen die Faktoren der Ungeduld, des Unwillens und der Langeweile bei der festgesetzten Untersuchungsfolge nicht so sehr ins Gewicht.

Als Beweis und zur Erhärtung der obigen Aussagen, sowie zur Feststellung des Gewöhnens an die Versuchsbedingungen und äußeren Umstände, wie auch zur Ermittlung des Lernens und Behaltens des Testmaterials, wurden drei unmittelbar aufeinanderfolgende, gleichlautende Prüfungen unter gleichen Bedingungen - immer dasselbe Ohr - am gleichen Normalhörenden ausgeführt.

In Bezug auf den Zahlentest ergeben sich nur geringere Unterschiede, doch liegt auch hier deutlich die Kurve der mittleren (zweiten) Prüfung zur Normkurve am besten bzw. sie fällt mit ihr zusammen.

Wesentlich augenfälliger zeigen uns die Einzelkurven des Worttestes den Unterschied. Die erste Kurve liegt immer schlechter als die anderen. (Eingewöhnungszeit fehlt.)

Die aus der zweiten Prüfung gewonnene Kurve liegt meist der Normalkurve am nächsten. Der Patient hatte sich nun an die Untersuchungsbedingungen, seine Umgebung und den Ablauf der Prüfung gewöhnt, sich darauf eingestellt und konnte sich nun gänzlich seiner Aufgabe widmen. Die dritte Kurve ~~z~~zeigt, wenn sie schlechter als die zweite liegt: Der Patient wurde ungeduldig unaufmerksam und fand es langweilig; liegt sie besser, so hatte er gelernt und gewisse Testworte und Klänge im Ohr behalten.

Es muß also unter Vernachlässigung der "Langeweilekomponente" und der Ungeduld - die wohl durch den "Lern- und Gewöhnungsfaktor" kompensiert wird - die obige Untersuchungsreihenfolge beibehalten werden, d.h. die binaurale Prüfung muß immer

als die mittlere ausgeführt werden. Zu dem Vergleich binaural - monaural werden dann wohl meist die Kurven der zweiten und dritten Prüfung herangezogen.

Das Gesamtergebnis der 30 Einzeltests an 10 jungen, aufmerksamen und bereitwilligen Normalhörenden zeigt die Tabelle in Abb. 2 und ist in Abb. 3 graphisch dargestellt.

Zur Klärung der Frage: "Sind die gleichen Voraussetzungen auch am schwerhörigen Patienten gegeben und anzunehmen?" wurde bei Normalhörenden durch binaurale Vertäubung (30 db) mittels Kopfhörer eine symmetrische Schwerhörigkeit hervorgerufen. Diese künstliche Schwerhörigkeit zeigte allerdings infolge des festen Anliegens der Kopfhörermuscheln vorwiegend eine Schalleitungskomponente. Die Vertäubung bei der monauralen Prüfung erfolgte durch ein zusätzliches Geräusch auf dem nicht zu untersuchenden Ohr. Es ergab sich nicht ganz überzeugend das obige Ergebnis. Das Geräusch wurde als äußerst lästig, auf die Dauer der Untersuchung nicht zumutbar und stark ablenkend empfunden. Das starke Nach- und Überklingen des Geräusches, die lange Eingewöhnungszeit, die nötig ist, um Geräusch und Testmaterial zu unterscheiden, wie auch der immer stärker werdende Unwille des zu Prüfenden verfälschten die Ergebnisse so sehr, daß eine Auswertung sinnlos bzw. unmöglich war. Eine Vertäubung mit mechanischen Mitteln (z.B. Wachs, Oropax usw.) zwecks Erlangung einer Schwerhörigkeit (Leitungsschwerhörigkeit) erwies sich für das Arbeiten im freien Schallfeld als ungenügend.

Es wurde deshalb auf Fortsetzung dieser Untersuchungsfolge verzichtet.

Die Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials.

Bei unserem Untersuchungsmaterial lag in 72 Fällen annähernd symmetrische höhergradige Schallempfindungsschwerhörigkeit vor, in 30 Fällen symmetrische Schalleitungsschwerhörigkeit. Ausgewertet und zum Vergleich herangezogen wurden 306 Einzelprüfungen, das Voruntersuchungsmaterial ausgenommen.

Da bei Innenohrschäden besonders die Differenzierung: retrolabyrinthäre Schwerhörigkeit (negatives Recruitment) -- Cochlearschwerhörigkeit (positives Recruitment) interessiert und sprachaudiometrisch untersucht und ausgewertet werden soll,

außerdem bei Innenohrschwerhörigkeit mit positivem Recruitment ein abweichendes Verhalten bei Prüfungen des überschwelligen Gehörs - wozu nach Langenbeck auch die Prüfung des Sprachgehörs zählt - erwartet werden muß, wurden bei allen Fällen von Schallempfindungsschwerhörigkeit Recruitmentmessungen durchgeführt.

Neben der Bestimmung der Intensitätsbreite wurden der Lautheitsausgleichstest nach Fowler und der Intensitätsunterschiedsschwellentest nach Lüscher angewandt.

Wir fanden in 10 Fällen ein rein negatives Recruitmentphänomen, bei 21 Patienten ein zwischen negativ und positiv stehendes ($\pm$) und bei den restlichen 41 symmetrischen Innenohrschwerhörigkeiten ein rein positives Recruitment.

Die Tonaudiogramme wurden mit einem Atlas-Tonaudiometer gewonnen. Außerdem wurde bei allen untersuchten Personen die herkömmliche Prüfung mit Umgangs- und Flüstersprache durchgeführt, d.h. es wurde die Entfernung bestimmt, aus der 50% des Testmaterials richtig verstanden werden.

Vergleich zwischen binauraler und monauraler Sprachaudiometrie
und ihre differentialdiagnostische Bedeutung.

Gegenüberstellung von peripherer und zentraler
Snallempfindungsschwerhörigkeit.

Ausgehend von der Überlegung, daß bei symmetrischen zentralen Innenohrschäden (Gangliontyp, negatives Recruitment) die zentrale Synthese beeinträchtigt oder sogar weitgehendst aufgehoben sein kann, ist es denkbar, daß ein abweichendes Verhalten der binauralen Sprachaudiometrie gegenüber der monauralen festzustellen ist. Die binaurale Kurve müßte sich also der monauralen nähern bzw. sogar mit ihr zusammenfallen. Ein in dieser Hinsicht angestellter Vergleich führt jedoch zu keinem Ergebnis. Eine Untersuchung der binauralen Kurven hinsichtlich ihrer Steigung (steiler, parallel oder flacher zur monauralen Kurve) bringt auch keine neuen Anhaltspunkte.

Die tabellarische Erfassung und graphische Darstellung des Diskriminationsverlustes (Abb. 4), des Hörverlustes a_1 für Zahlen (Abb. 5) und b_1 für Wörter (Abb. 6), sowie des Wortverständnisses WV^x (Abb. 7) ergeben ebenfalls keine Hinweise. Die Angaben sind jeweils als Differenzwerte von monaural zu binaural eingetragen und zur Häufigkeit ihres Auftretens in Bezug gebracht.

^{x)} Das Wortverständnis (WV) ist ein bei der Auswertung der sprachaudiometrischen Kurven gewonnener Mittelwert. Es gibt uns in % das durchschnittliche Verständnis der Testsprache an.

Vergleich zwischen Schalleitungs- und Empfindungsschwerhörigkeit.

Die sprachaudiometrischen Untersuchungen der symmetrischen Schalleitungsstörungen zeigen auch ein besseres binaurales Verständnis. Ein Vergleich der Kurven untereinander, wie auch mit den Kurven unserer Innenohrschäden bleibt ergebnislos. Diskriminationsverlust, Hörverlust für Zahlen und Wörter wie auch WV als das Maß für das Wortverständnis sind ebenfalls in den schon oben angeführten Diagrammen (Abb. 4 - 7) eingetragen und so zu den Resultaten der Untersuchungen unserer symmetrischen Innenohrschäden in Beziehung gebracht. Es läßt sich jedoch auch hier über den Verlauf und die Lage der Kurven zueinander nichts aussagen.

Differentialdiagnostische Hinweise können weder an Hand der ersten noch dieser Untersuchungsreihe gewonnen werden. Prüfungen, sowohl bei den Innenohrstörungen (positives Recruitment und negatives Recruitment) wie auch bei den Schalleitungsschwerhörigkeiten, bestätigen die Erwartung, daß Sprache binaural besser verstanden wird. Der aus unseren Aufzeichnungen ermittelte Durchschnittswert liegt für die symmetrische Innenohrschwerhörigkeit bei 5,9 db, für die symmetrische Mittelohrschwerhörigkeit jedoch nur bei 5,1 db.

Untersuchungen mit reinen Tönen
im Vergleich zur Sprachaudiometrie.

Vergleichende ton- und sprachaudiometrische Untersuchungen haben Bocca und Pellegrini durchgeführt. Starke Diskrepanzen zwischen Sprach- und Tonaudiometrie sollen nach Juers bei größerem Sprachgehörverlust für Nervenschwerhörigkeit, bei größerem Tongehörverlust für psychogene Taubheit sprechen. Jedoch sind die Zusammenhänge zwischen der Tonaudiometrie und der Sprachaudiometrie relativ lose, da sich die Schwellenprüfung für Töne nur schwer mit dem akustischen Komplex, wie es das Hörvermögen für Sprache ist, in Beziehung setzen läßt (Koch und Weiland u.a.).

Diese Untersuchungen sollen auch nur dazu dienen, den Fragenkomplex Sprachaudiogramm binaural - monaural gegenüber Tonaudiogramm binaural - monaural zu beleuchten und zur Abrundung des Gesamtbildes beitragen. Hierfür waren einige Voruntersuchungen notwendig.

Untersuchungen im freien Schallfeld;
Raumakustische Überlegungen und Messungen.

Werden in einem bestimmten Raum, d.h. in ein freies Schallfeld, reine Töne abgestrahlt, so sollte man das jeweilige physikalische Verhalten der Schallwellen genau kennen. Zur Klärung dieser Frage haben wir deshalb in gänzlich unterschiedlichen Räumen unserer Klinik Intensitätsuntersuchungen der Schallwellen eines reinen Tones durchgeführt.

Mit einem Lautsprecher wurde ein physikalisch reiner Ton (Frequenz 2000 Hz) mit konstanter Schallstärke abgestrahlt. Die Schallstärke in den verschiedenen Entfernungen vom Lautsprecher bestimmten wir mit einem Schallpegelmessers.

Gemessen wurde die Intensitätsverteilung in folgenden Räumen:

Neuer Hörprüfraum (Camera silenta) unserer Klinik

Ausmaße: 2,5 x 3 m, gedämpft durch Steinwolle, Gipsplatten, gelechte Akustikplatten und Teppich.

Poliklinik,

12 m lang, Ölfarbe als Wandbekleidung, kein besonderer Reflexionsschutz.

langer Flur (20 m),

2.50 m breit, Ölfarbe, ungedämpft.

im Freien,
Grasnarbe, einzelne Bäume, keine Gebäude in der Nähe.

Um den natürlichen Verhältnissen möglichst zu entsprechen, haben wir bei unseren Messungen in der Camera silenta das Mikrophon des Schallpegelmessers (= Ohr des Patienten) so im Raum montiert und aufgestellt, daß wir bei gleichbleibendem Bodenabstand eine vorher markierte und unterteilte Grundfläche (35 x 45 cm) punktförmig abtasten konnten. (Diese Grundfläche beinhaltete in etwa alle die Kopfstellungen und damit "Ohrstellungen", die ein länger sitzender, sich etwas bewogender und drehender, monaural und binaural zu prüfender Patient einnehmen könnte.) Das Ergebnis dieser Messungen zeigt die Tabelle in Abb. 8, das Diagramm in Abb. 9, sowie die graphische Darstellung in Abb. 10. Wir sehen, daß keinesfalls an allen Stellen der recht kleinen untersuchten Fläche gleiche Schallstärken vorliegen. Schon die kleinste Kopfbewegung des Patienten, wie auch das Drehen des zu Prüfenden (bei der monauralen Untersuchung jeweils mit dem zu prüfenden Ohr, bei der binauralen mit dem Gesicht zur Schallquelle) bringen das Ohr in Bereiche ganz unterschiedlicher Intensität, wobei es von einem Punkt zum anderen sogar zur Verdoppelung oder Auslöschung der Intensität kommen kann.

Die Erklärung hierfür muß man sich folgendermaßen geben:

Eine Schallquelle strahlt den Schall in Form von Kugeln ab. Das bedeutet, daß die Schallstärke, solange die Schallwellen auf kein Hindernis und auf keine Raumbegrenzungsflächen stoßen, mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt (wie die Beleuchtungsstärke in der Optik), jedoch an einem bestimmten Punkt immer konstant bleibt. Wenn aber der Raum, wie ja alle unsere Räume, nicht unbegrenzt ist, stößt ein Teil der Schallwellen ständig auf die Begrenzungsflächen, wo sie je nach der Wandbeschaffenheit mehr oder weniger stark geschluckt oder reflektiert werden. Es wird also ein bestimmter Prozentsatz der Schallenergie von der Wand in den Raum zurückgeworfen, wo er sich zur primären Schallenergie hinzuaddiert. Diese Addition erfolgt zwar je nach Phasenlage der einzelnen Wellenzüge, bedeutet aber bei einem reinen Ton, wie wir ihn verwendet haben, ein Auftreten von stehenden Wellen, d.h. eine alternierende Zu- und Abnahme der Schallstärke, wobei es an den sog. Wellenbäuchen zur Verdoppelung und an den Wellenknoten zur Auslöschung der Intensität kommt. Der räumliche Abstand der einzelnen durch Wellenüberlagerung entstandenen Intensitätsunterschiede hängt wiederum

von der angebotenen Tonhöhe (= Frequenz- bzw. Wellenlänge) ab. Bei sehr tiefen Tönen, die zur Untersuchung relativ ungeeignet sind, zeigt sich ein weiterer Abstand der einzelnen Amplitudenschwankungen, bei hohen Tönen eine Abstandsverkleinerung.

Die Intensitätsunterschiede werden um so größer, je geringer der Schallschluckgrad des Prüfraumes ist. (Was unsere Untersuchungen in der ungedämpften Poliklinik und in einem langen Flur zeigten.)

Eine Prüfung im Freien ergab im Vergleich zur Untersuchung im Hörprüfraum ein etwas besseres, jedoch auch keine objektiven Resultate versprechendes Ergebnis. (Auch hier Reflexion am Boden, an Bäumen, Sträuchern usw.) Sie kann auch vor allem wegen des praktisch unvermeidbar hohen Störpegels nicht verwirklicht werden.

Das beste physikalische Verhalten zeigen die Schallwellen reiner Töne in einem Hörprüfraum neuerer Bauart und im Freien. Doch selbst hier sind die Schwankungen noch zu groß (s. Abb. 8 und Abb. 9), um ein auch nur annähernd objektives Ergebnis zu erhalten. Ein neuer, bestens gedämpfter, reflexionssicherer Hörprüfraum (ein sog. schalltoter Raum) steht nicht zur Verfügung.

Eine Untersuchung der akustischen Verhältnisse der einzelnen Räume unter Verwendung eines Schmalband- oder eines weißen Geräusches versprach ebenfalls kein zufriedenstellendes Ergebnis. Wir mußten also die Tonprüfung mittels Kopfhörer durchführen, d.h. nicht im freien Schallfeld.

Es wurden zwei monaurale (wobei das jeweils nicht zu untersuchende Ohr vertäut wurde) und eine binaurale Untersuchung vorgenommen. Die Auswertung der einzelnen Ergebnisse ergibt ein um 3 - 4 db besseres binaurales Hören.

Die binaurale - monaurale Tonaudiometrie im Vergleich zur binauralen - monauralen Sprachaudiometrie.

Unsere sprachaudiometrische Untersuchung der Schallempfindungs- und Schalleitungsstörungen zeigten, daß Sprache binaural um 5 - 6 db besser verstanden wird. Die binauralen und monauralen Prüfungen mit reinen Tönen ergaben ebenfalls ein besseres binaurales Hören, jedoch nur um 3 - 4 db. Der Ton wird binaural lauter empfunden.

Die Tonwahrnehmung ist jedoch nicht wie das Sprachhörvermögen ein komplexer Vorgang, der neben dem eigentlichen "Sprach-Hören" auch das Sprachverständnis beinhaltet, wodurch außer physiologischen in mehr oder weniger großem Umfang noch psychologische Gegebenheiten zu berücksichtigen sind, sondern ein relativ einfach erfaßbarer, an den Prüfling geringe Anforderungen stellender Vorgang.-- Zwei berechnete Folgerungen liegen nun sehr nahe:

Das um 5 - 6 db bessere binaurale Sprachhörvermögen basiert um 3 - 4 db auf der Grundbeobachtung, daß schon reine Töne binaural um 3 - 4 db besser gehört werden. Folglich wird auch Sprache binaural lauter gehört bzw. empfunden.

Das restliche nunmehr verbleibende binaurale "Besserhören" der Sprache (um 1 - 3 db) könnte dem eigentlichen Sprachverständnis, der Koordination, der sog. zentralen Synthese zugeschrieben werden, wenn nicht die Tatsache hierfür verantwortlich ist, daß wir die binaurale Prüfung immer an zweiter Stelle durchgeführt haben, bei der sich ohnehin die günstigsten Ergebnisse zeigen. Aber selbst wenn dieser Unterschied von 1 - 3 db auf die zentrale Synthese zurückgeführt werden muß - also der zur Differenzierung von Schallempfindungsstörungen mit negativem Recruitment gegenüber Schallempfindungsschäden mit positivem Recruitment, peripheren Schäden sowie Normalhörenden sich anbietender und anwendbarer binauraler Hörverlust - so ist eine solche Differenz zu gering, um sie sprachaudiometrisch zu erfassen. Denn im Gegensatz zur Schwellenaudiometrie für Töne mit ihren relativ primitiven Anforderungen an den Patienten, stellt eine sprachaudiometrische Untersuchung hohe Anforderungen an das Einfühlungsvermögen, die Intelligenz, Kombinationsgabe und andere psychische Fähigkeiten des Patienten. Alle Patienten sind hinsichtlich dieser Faktoren unterschiedlich. Auch der große technische Fortschritt, die weitgehende Standardisierung und Normierung des Testmaterials (Freiburger Zahlen- und Wörter-test), der Sprach-Erzeugung und -Wiedergabe, sowie der raumakustischen Verhältnisse, hat die durch die psychologischen Faktoren der Sprachgehörprüfung gegebene Unsicherheit in der Beurteilung ihrer Ergebnisse nicht ausgeschlossen.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit galt es, mit Hilfe der binauralen und monauralen Sprachaudiometrie rein symmetrische Schallempfindungsstörungen mit negativem Recruitment (Gangliontyp), wie auch mit positivem Recruitment (Cochlear- bzw. Haarzellentyp) zu untersuchen, gegenüberzustellen und eventuelle differentialdiagnostisch wichtige Unterscheidungsmerkmale zu finden. Ebenfalls sprachaudiometrisch untersucht wurden symmetrische Schalleitungsschäden. Ein Vergleich der binauralen mit der monauralen Sprachaudiometrie innerhalb der einzelnen Gruppen wie auch der gesamten Innenohrstörungen mit den peripheren Schwerhörigkeiten schloß sich an. Weiterhin wurde die binaurale und monaurale Tonaudiometrie beleuchtet und zu den sprachaudiometrischen Ergebnissen in Beziehung gebracht.

Zunächst wurden Räume und Apparatur zur Durchführung der Sprachaudiometrie sowie die Vertäubungsanlage zur Ausschaltung des bei der monauralen Prüfung abgewandten freien Ohres beschrieben.

Vor der Durchführung der eigentlichen Untersuchungsreihen waren Voruntersuchungen zur Festlegung der Prüfungsreihenfolge notwendig. In 90 Einzelprüfungen und weiteren 30 Einzeltests an insgesamt 30 jungen, aufmerksamen und bereitwilligen Normalhörenden zeigte es sich, daß die Untersuchungsreihenfolge monaural - binaural - monaural bei symmetrischen Schäden, bzw. besseres Ohr, beidohrig, schlechteres Ohr bei asymmetrischen Störungen das beste und objektivste Ergebnis liefert.

Das eigentliche Untersuchungsmaterial setzte sich zusammen aus 72 rein symmetrischen Schallempfindungsschwerhörigkeiten - wobei sich in 10 Fällen ein negatives Recruitment, bei 21 Patienten ein weder rein negatives noch rein positives ($\pm$) und bei 41 Geprüften ein positives Recruitment fand - und aus 30 symmetrischen Schalleitungsstörungen. Zur Auswertung herangezogen wurden die Ergebnisse von ca. 300 Einzelprüfungen.

Ein Abweichen der binauralen von der monauralen Sprachaudiometrie konnte nur insofern festgestellt werden, daß Sprache in allen geprüften Fällen ca. 5 - 6 db besser gehört bzw. verstanden wird. Der sprachaudiometrische Vergleich zwischen Ganglion- (Recruitment negativ) und Cochlearestörungen (Recruitment positiv) innerhalb der symmetrischen Schallempfindungsschwerhörigkeiten, wie auch die Gegenüberstellung aller Schallempfindungsstörungen zu den Schalleitungsschäden brachten kein Ergebnis. Differentialdiagnostische Hinweise fanden sich keine.

Zur Vervollständigung des Gesamtbildes wurden noch binaurale und monaurale Untersuchungen mit reinen Tönen durchgeführt.

Es erwies sich, daß eine Prüfung mit reinen Tönen im freien Raum (= freies Schallfeld) wegen der auftretenden großen Intensitätsunterschiede nicht durchführbar ist. (Durch Reflexion und Überlagerung treten sog. stehende Wellen auf, die ein auch nur annähernd objektives Ergebnis und eine genaue Schlußfolgerung nicht zulassen.) Aus diesem Grunde fanden die Prüfungen über Kopfhörer statt.

Die Auswertung zeigte ein binaurales besseres Hören der Töne um ca. 3 - 4 db. Die Töne wurden binaural lauter empfunden. (Die binaurale Sprachaudiometrie ergab dagegen gegenüber monaural ein um 5 - 6 db besseres Sprachverständnis.)

Es bietet sich nun folgende Überlegung an:

Das binaurale bessere Sprachverständnis von 5 - 6 db basiert um 3 - 4 db auf der Grundbeobachtung, daß auch reine Töne binaural besser (um 3 - 4 db) als monaural gehört werden. Auch die Sprache wird binaural lauter empfunden. Das reine "Sprach-Hören" entspricht also dem Hören reiner Töne.

Das Sprachhörvermögen ist jedoch durch einen komplexen Vorgang gekennzeichnet: Durch das eigentliche Hören der Sprache und das Sprachverständnis; anders ausgedrückt: Durch Aufnehmen und Weitergabe der Schallwellen sowie ihrer Coordination zu einem einheitlichen Hörbild und Bewußtseinseindruck (= zentrale Synthese).

Es ergibt sich nun die berechtigte Folgerung, daß die sog. zentrale Synthese die restlichen 1 - 3 db des Unterschiedes zwischen binauralem Ton- und binauralem Sprachgehör beinhalten kann.

Eine sprachaudiometrische Differenzierung der Schallempfindungsstörungen mit negativem Recruitment und der Innenohrstörungen mit positivem Recruitment wäre also auf Grund dieses Ergebnisses wohl möglich, bzw. es wären mit Hilfe der binauralen und monauralen Sprachaudiometrie zwei Gruppen zu unterscheiden: Innenohrschwerhörigkeit mit negativem Recruitment gegen Innenohrschwerhörigkeit mit positivem Recruitment, Schalleitungsschwerhörigkeit und Normalhörigkeit.

Der Unterschied von 1 - 3 db war jedoch bei den relativ schwierigen und an den Prüfling große Anforderungen stellenden sprachaudiometrischen Untersuchungen technisch und methodisch im einzelnen nicht zu erfassen.

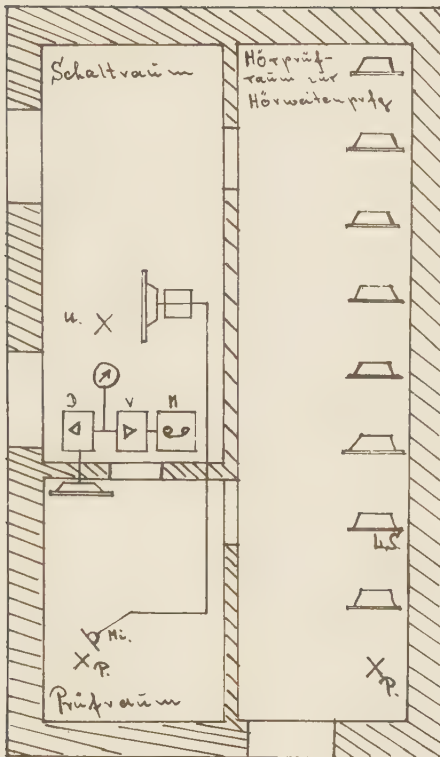


Abb.1 Die Räume der Hörprüf Abteilung

Links die Räume zur Durchführung der sprachaudiometrischen Prüfung, rechts der Hörprüfraum zur Hörweitenprüfung.

- U = Untersucher
- P = Standort des Patienten
- LS = Lautsprecher
- M = Magnetophon
- V = Verstärker
- D = Dezibelabschwächer
- M = Mikrophon der Rücksprechanlage

Nr. des Patient	Zahlentest						Worttest					
	Δ_1 zur N.-K.	Δ_2 zur N.-K.	Δ_3 zur N.-K.	Δ von $\Delta_1 - \Delta_2$	Δ von $\Delta_1 - \Delta_2$	Δ von $\Delta_2 - \Delta_3$	Δ_1 zur N.-K.	Δ_2 zur N.-K.	Δ_3 zur N.-K.	Δ von $\Delta_1 - \Delta_2$	Δ von $\Delta_2 - \Delta_3$	Δ von $\Delta_1 - \Delta_3$
1	2,5	2	2	0,5	0,5	0	18	11	10	7	8	1
2	-1	0	-3	-1	-2	3	16	5	7	11	9	-2
3	12	14	14	-2	-2	0	26	23	26	3	0	-3
4	4,5	3	5	1,5	0,5	-2	18	9	7	9	14	2
5	2	-2	-1	4	3	-1	13	3	1,5	10	14,5	1,5
6	7	2	2	5	5	0	16	7	5	9	11	2
7	2,5	1	4	1,5	-1,5	-3	9	3	5,5	6	3,5	-2,5
8	3	2	3	1	0	-1	15	8	10	7	5	-2
9	3	0	2	3	1	-2	12	5	8	7	4	-3
10	3,5	2	5	1,5	-1,5	-3	13	4,5	11	8,5	2	-6,5

Abb.2 Tabellarische Erfassung der Voruntersuchungen zwecks Festlegung der Untersuchungsreihenfolge.
(Die Δ - Werte geben den Differenzbetrag zwischen Normkurve (N.-K.) und geprüfter Kurve in db an.)

Δ_1 = 1. Kurve (monaural), Δ_2 = 2. Kurve (binaural), Δ_3 = 3. Kurve (monaural)

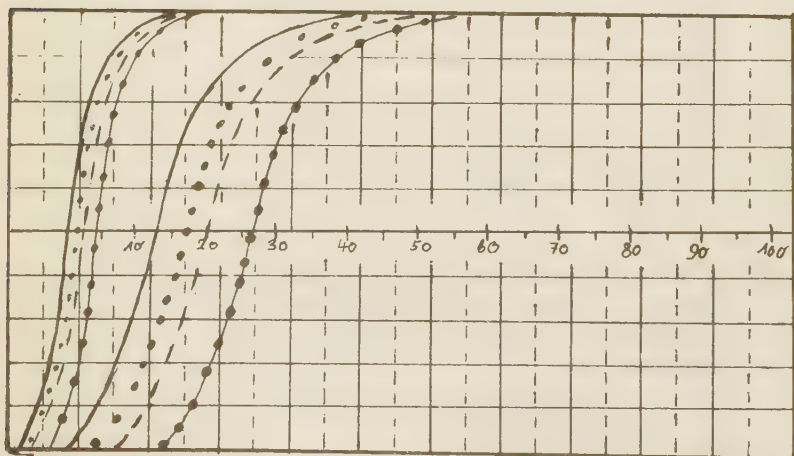


Abb.3 Graphische Darstellung obiger Ergebnisse.
Vorausgegangen ist eine Mittelung aller Werte.
 $\Delta \bar{Z}$ = gemittelter Wert in db des Zahlentestes
 $\Delta \bar{W}$ = gemittelter Wert in db des Worttestes.

— — — — = 1. Test • • • • = 2. Test - - - - = 3. Test

$\Delta_1 \bar{Z} = 3$; $\Delta_2 \bar{Z} = 1,1$; $\Delta_3 \bar{Z} = 2,1$

$\Delta_1 \bar{W} = 14,4$; $\Delta_2 \bar{W} = 6,1$; $\Delta_3 \bar{W} = 7,4$

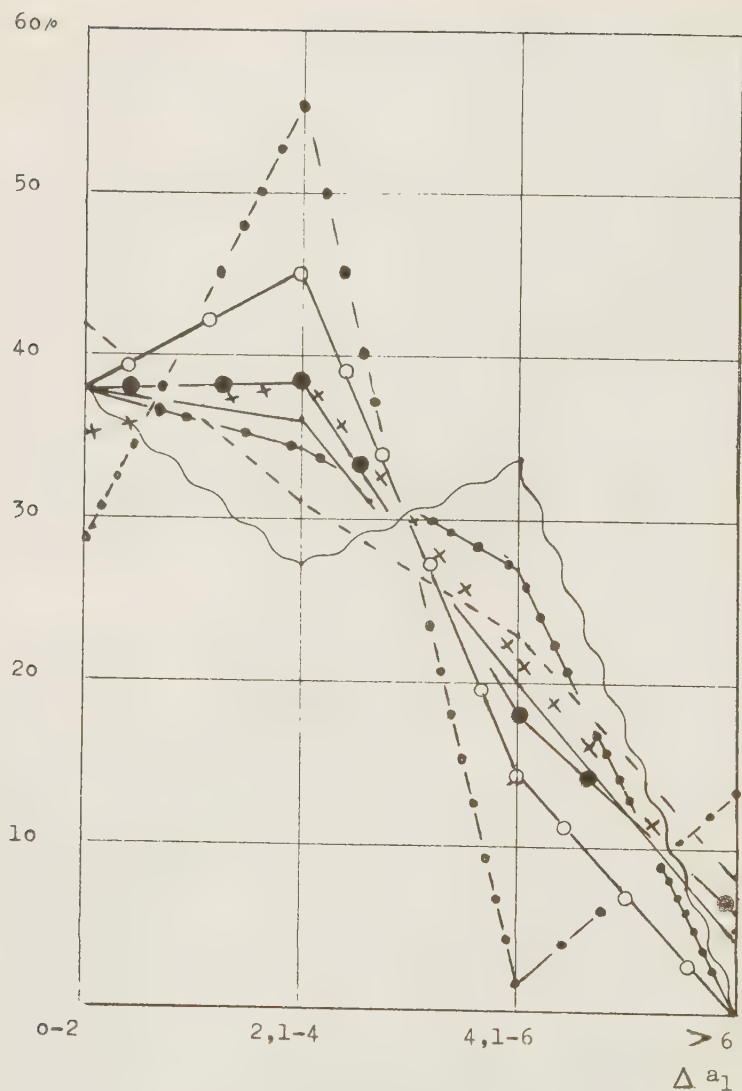


Abb.5 Gegenüberstellung des Hörverlusts-
unterschiedes für Zahlen (monaural-binaural)
und seines prozentualen Auftretens.
(kurvenkennzeichnung wie bei Abb.4)

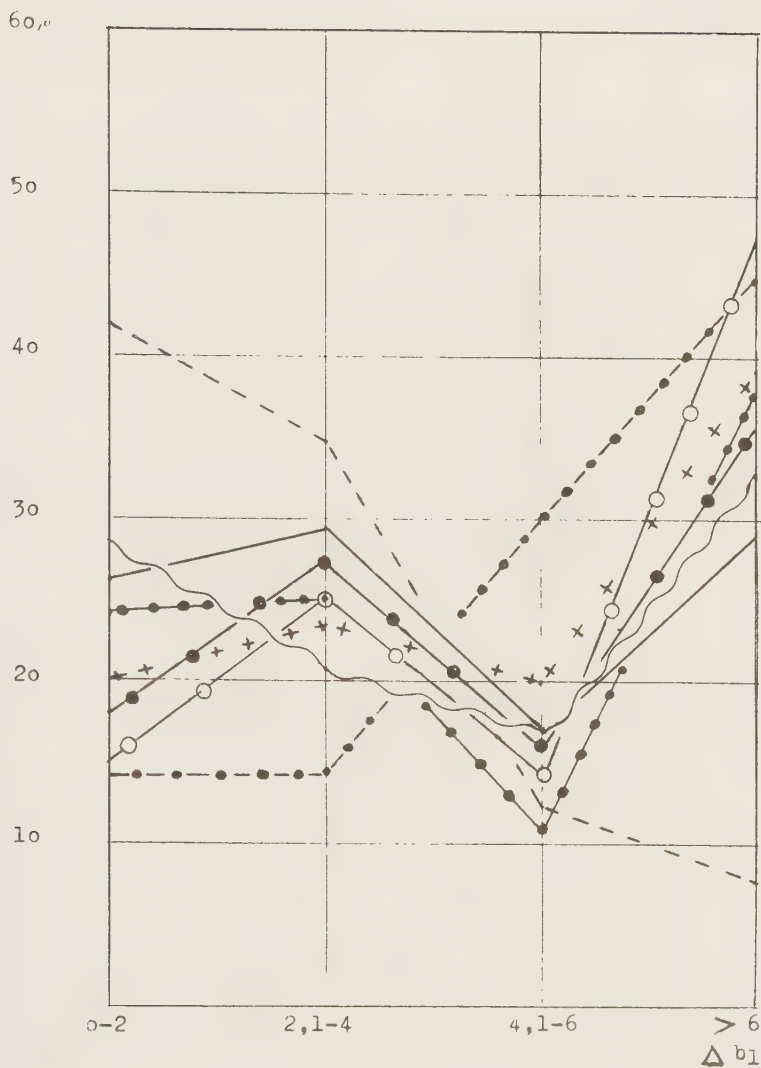


Abb.6 Vergleich des Hörverlustsunterschiedes
für Wörter (monaural - binaural)
mit seiner Häufigkeit (in Hz)
(Kurvenkennzeichnung wie bei Abb.4)

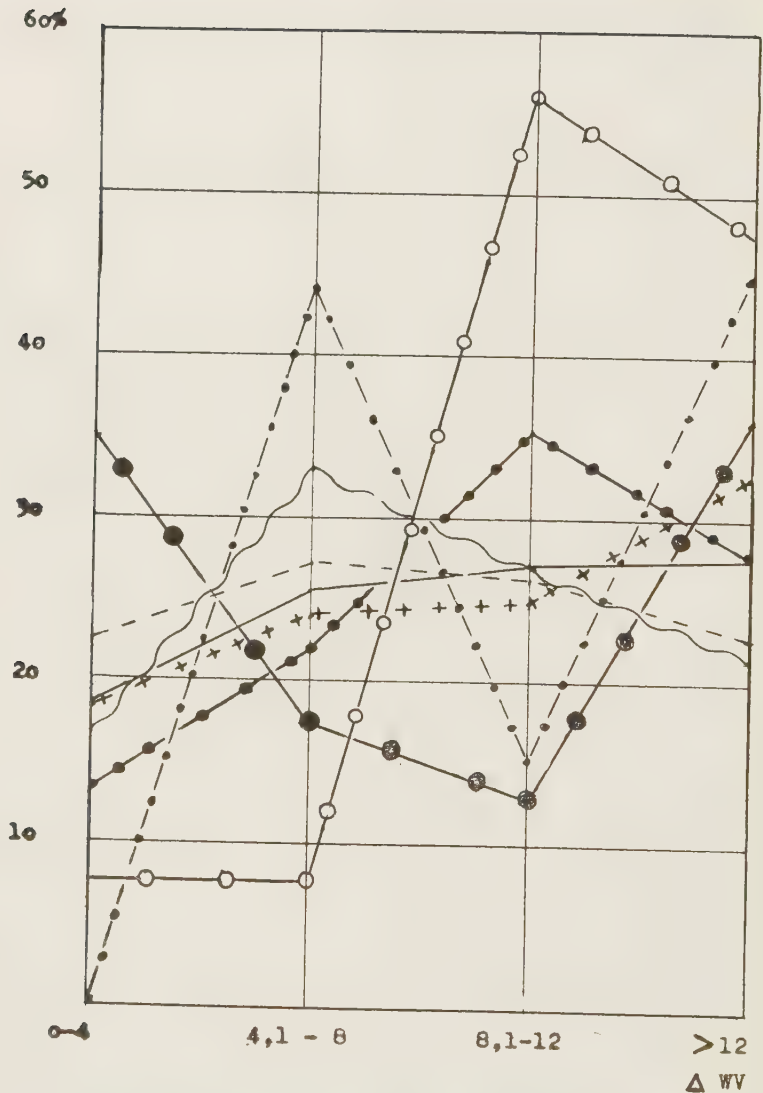


Abb.7 Beziehung zwischen dem Wortverständnis-
unterschied (monaural - binaural)
und seinem prozentualen Auftreten.
(Kurvenkennzeichnung wie bei Abb.4)

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	8	8	8,5	8	8	10,2	4,5	1,8	1
2	9	10	9	4,8	4,8	6,5	5,8	5,2	2
3	9,3	9,2	7,3	9	11,5	9,5	7,7	6,4	3
4	5,5	7	6,7	5,7	11,5	6,7	10,8	8,6	4
5	9,8	9	8,3	8,3	9,3	10,8	12	8,2	5
6	6	2	3,3	4,5	-1,5	4,5	8,5	8	6
7	12	10	8,2	8,3	8,3	10,3	9,8	8,7	7
8	12	11	5,8	3,2	8,3	10,3	7	3,8	8
9	13,5	13	8,3	5	8	9	6,5	3,8	9
10	14	9,5	6,5	9,3	8,2	6,8	7,3	12	10
	A	B	C	D	E	F	G	H	

Abb. 8

Werte der Intensitätsunterschiede
zu einem willkürlich festgelegten
e-Wert der Abweichung

Tonfrequenz 2000 Hz

Abstand von Feld zu Feld in beiden
Richtungen 5 cm

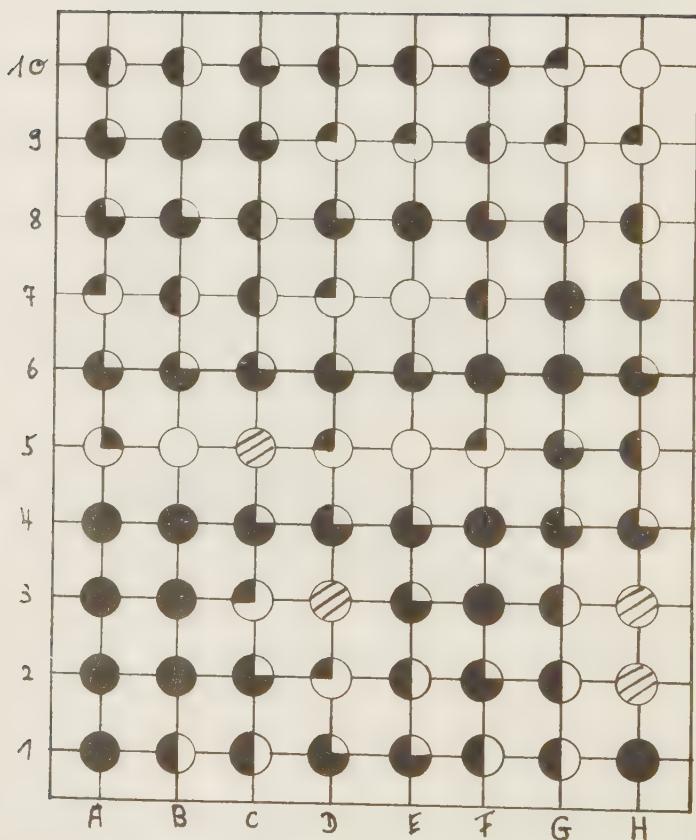
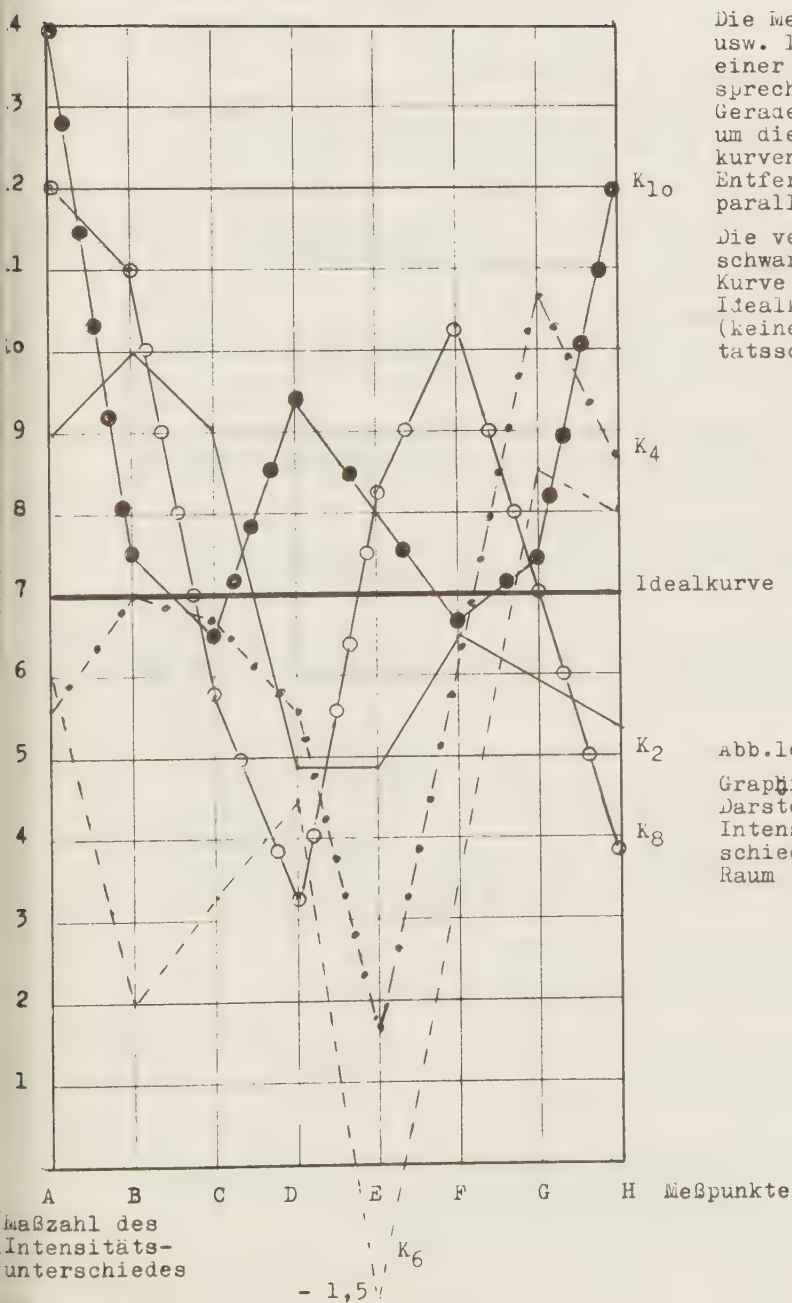


Abb. 9 Intensitätsunterschiede reiner Töne
im freien Raum
Darstellung der Tabelle von Abb. 8
Der Abstand von Feld zu Feld beträgt
nach beiden Richtungen 5 cm.





Die Messpunkte A,B,C usw. liegen auf einer dem Lautsprecher parallelen Geraden und werden um die an den Einzelkurven stehenden Entfernungseinheiten parallel verschoben.

Die verstärkt schwarz eingetragene Kurve stellt die Idealkurve dar. (keinerlei Intensitätsschwankungen!)

Abb.10

Graphische Darstellung der Intensitätsunterschiede im freien Raum (Prüfton 2000 Hz)

Literaturverzeichnis.

Boenninghaus, H.-G., D. Röser:

Beziehungen zwischen Hörweite und Sprachaudiometrie unter
Zugrundelegen raumakustischer Untersuchungen.
Z. Laryng. Rhinol. 36 (1957), 261

Boenninghaus, H.-G., D. Röser:

Prozentuale Hörverlustbestimmung des Sprachgehörs und
Festsetzung der Minderung der Erwerbsfähigkeit.
Z. Laryng. Rhinol. 37 (1958), 719

Boenninghaus, H.-G., D. Röser:

Sprachaudiometrische Untersuchungen bei Zusatz von
Schmalbandgeräuschen.
Arch. Ohr.-, Nas.- und Kehlk.-Heilk. 177 (1961), 448

Boenninghaus, H.-G., D. Röser, G. Rossberg:

Audiologische Untersuchungen an Lärmschwerhörigen.
Z. Laryng. Rhinol. 34 (1955), 613

Bocca, E., A. Pellegrini:

Possibilità di calcolare il deficit di percezione
della voce in base alla soglia uditiva per i toni puri.
Arch. ital. Otol. 61, Suppl. 5 (1950), 103

Brumm, A.:

Erfahrungen mit einer neuen Hörprüfanlage für Umgangs-
und Flüstersprache im Vergleich zur Sprachaudiometrie.
Dissertation, Frankfurt/M. 1958

Carhart, R.:

Instruments and materials for speech audiometry.
Acta oto-laryng. (Stockh.) 40 (1951)

Fowler, E., P.:

The recruitment of loudness phenomenon.
Laryngoscope (St. Louis) 60 (1950) 680

Groen, J.J., C.M. Hellema:

Binaural speech audiometry.
Acta oto-laryng. (Stockh.) 52 (1960), 397

Hahlbrock, K.H.:

Sprachaudiometrie.
Thieme-Verlag, Stuttgart 1937

Juers, A.L.:

Pure tone threshold and hearing for speech-diagnostic
significance of inconsistencies.
Laryngoscope (St. Louis) 66 (1956), 402

Koch, J., E. Weiland:

Untersuchungen über die Beziehungen zwischen
Hörverlustkurve und Sprachverständnis.
Z. Laryng. Rhinol. 29 (1950), 423

Langenbeck, B.:

Leitfaden der praktischen Audiometrie.
Thieme-Verlag, Stuttgart, II. Auflage 1956

Liden, G.:

Speech Audiometry.
Acta oto-laryng. (Stockholm), Suppl. 114 (1954)

Lüscher, E.:

Lehrbuch der Ohrenheilkunde.
Springer-Verlag, Wien 1952

Matzker, J.:

Ein binauraler Hörsynthese-Test zum Nachweis
zerebraler Hörstörungen.
Thieme-Verlag, Stuttgart 1958

Röser, D.:

Hörweitenbestimmung und Sprachaudiometrie in der Praxis.
Z. Laryng. Rhinol. 38 (1959)

Röser, D.:

Schallbildtrennung mit Hilfe des Richtungsgehörs.
Internationale Gesellschaft für Audiologie 1960

Schubert, K.:

Sprachhörprüfmethoden.
Thieme-Verlag, Stuttgart 1958

Zöllner, F.:

Audiologie.
Vorträge des ersten deutschen Audiologenkongresses
in Freiburg/Br.
Thieme-Verlag, Stuttgart 1954

Lebenslauf.

Am 23. Juni 1935 wurde ich als einziges Kind des Lehrers Ludwig Ohnacker in Darmstadt geboren. Ich besuchte 4 Jahre die Volksschule in Schöllensbach/Odenwald, anschließend das Realgymnasium in Michelstadt/Odenwald. Das Abitur bestand ich im März 1956 am Realgymnasium Langen (Hessen). Mit dem Sommersemester 1956 begann mein Studium an der Zahnmedizinischen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt/Main. Nach dem fünften Semester legte ich im Oktober 1958 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Ebenfalls an der Johann Wolfgang Goethe - Universität bestand ich mein Staatsexamen im Juli 1961. Seit dieser Zeit bin ich in der freien Praxis tätig.

Die Untersuchungen zu meiner Doktorarbeit führte ich an der Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik in Frankfurt/Main durch, unter der Leitung von Herrn Direktor Professor Dr. Mittermaier. In die Materie technisch eingeführt und weiterhin beraten wurde ich durch Herrn Dipl.Ing. D. Röser.

Meine akademischen Lehrer waren:

Prof.Dr.Altmann	Dr.Dr.Kreter
Prof.Dr.Artelt	Prof.Dr.Kuck
Prof.Dr.Boenninghaus	Prof.Dr.Landes
Prof.Dr.Felix	Prof.Dr.von Reckow
Prof.Dr.Frick	Prof.Dr.Sandritter
Prof.Dr.Dr.Hauser	Prof.Dr.Starck
Prof.Dr.Kahlau	Prof.Dr.Westermann
Prof.Dr.Kleinschmidt	Prof.Dr.Wezler
Dr.Koller	

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die der Medizinischen Fakultät Frankfurt/Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

"Differentialdiagnostische Untersuchungen
mit Hilfe der Sprachaudiometrie"

in der Hals-Nasen-Ohren-Universitätsklinik unter Leitung von Dir.Prof.Dr. Mittermaier mit Unterstützung von Herrn Diplom-Ingenieur D. Röser ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt. Vorliegende Arbeit wurde (oder wird) in folgendem Publikationsorgan..... veröffentlicht.

Frankfurt/Main, den 7.9.1963

